

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に配設された透明材料からなるオーバーコート層、該オーバーコート層上に形成された突起、該突起を核として形成された無機材料からなる凸型層内レンズ、該層内レンズ上に形成された上面が平坦な透明膜とを含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 基板が、受光部又は発光部を備え、突起が、受光部又は発光部の中心上に配設されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】 透明膜が、層内レンズよりも小さい屈折率を有することを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体装置。

【請求項4】 透明膜上に、マイクロレンズが配設されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の半導体装置。

【請求項5】 透明膜とマイクロレンズの間の所定の位置にカラーフィルタ層が配設されていることを特徴とする請求項4に記載の半導体装置。

【請求項6】 マイクロレンズが、透明樹脂からなることを特徴とする請求項4又は5に記載の半導体装置。

【請求項7】 基板上に透明材料からなるオーバーコート層を設ける工程と、該オーバーコート層上に突起形成用薄膜を堆積する工程と、該突起形成用薄膜を所定の位置に残すことで柱状の突起を形成する工程と、該突起を含む前記基板の表面に前記突起を核として無機材料を堆積させて凸型層内レンズを形成する工程と、該層内レンズ上に上面が平坦な透明膜を設ける工程とを有する半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置及びその製造方法に関する。更に詳しくは、本発明は、例えばCCD (Charge Coupled Device) 等の固体撮像素子や液晶表示素子等の素子の内部に好適に用いることができる層内レンズを備えた半導体装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】CCDあるいはMOS (Metal Oxide Semiconductor) 型等の固体撮像素子は、デジタルカメラを始めビデオカメラ、カメラ付き携帯電話、スキャナ、デジタル複写機、ファクシミリ等様々な用途に利用されている。またその普及につれて、画素数の増大、受光感度の向上等の高機能化、高性能化はもとより、小型化、低価格化等の要請がますます強まってきている。固体撮像素子の小型化、多画素数化が進むと、固体撮像素子内に組み込まれる画素の大きさはますます縮小され、基本性能の一つである受光感度が低下し、所定の照度のもとで鮮明な像を撮影することが困難な事態を招く恐れがある。このような問題に対し、従来カラーフィルタの上部に有機高分子材料によりマイ

クロレンズを形成し、受光感度を向上させてきた。しかし、もはやこれのみでは十分な成果を上げることが困難になってきている（例えば、特開平4-12568号公報）。そこでカラーフィルタの下部で受光部とカラーフィルタとの間の積層構造の内部にもレンズを形成する、いわゆる層内レンズという技術が前記マイクロレンズの技術と併用されている。

【0003】図1に従来の層内レンズを含むCCD固体撮像素子の一画素（単位セル）の概略断面図を示す（例えば、特開平11-40787号公報）。更に、図1の従来技術による層内レンズの形成方法の1例を図2

(a)～(e)に示す。まず、図2(a)に示すように、半導体基板1内に所要の不純物のイオン注入等を行って、受光部2、読み出しゲート部3、CCD転送チャネル（転送部）4、チャネルストップ部5をそれぞれ形成する。その後に、表面に絶縁膜6を介して所定のパターンの転送電極7を形成し、層間絶縁膜8を介してこの転送電極7を覆う遮光膜9を形成する。この遮光膜9が受光部2上に開口を有するようにパターニングする。

【0004】次に、図2(b)に示すように、遮光膜9上にリフローにより形成した膜、例えばBPSG (Boro-Phosphosilicate glass) 膜やプラズマCVD (Chemical vapor deposition) 法によって形成した膜により第1平坦化膜10を形成し、表面の平坦化を行う。その上に図2(c)に示すように、層内レンズ11となる屈折率の高い層内レンズ材料層（例えば、シリコン窒化膜）16を例えばプラズマCVD法により形成する。続いて、図2(d)に示すように、レンズ材料層16の上にフォトリソ17を塗布し、フォトリソ17に対して所望の層内レンズ11を得るために、パターニングを行った後、例えば160℃前後でリフローする。次に、図2(e)に示すように、ドライエッチングによりフォトリソ17のレンズ形状をレンズ材料層16に転写して層内レンズ11を形成する。その後は、図には示さないが、層内レンズ11を覆って第2平坦化膜12を形成して表面を平坦化した後、カラーフィルタ13、保護膜14及びマイクロレンズ15を順次形成して、図1に示したCCD固体撮像素子を得る。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のように層内レンズをレンズ形状のレジストをマスクにしてドライエッチングにより転写して形成する方法では、以下の問題が発生する。第1の問題は、マスクとなるレジストをレンズ形状にする際、通常はホットプレート上で160℃程度の高温に加熱し、その表面張力と下地の層内レンズ材料層との界面エネルギーが平衡状態になるまでレジストを変形させるが、もし加熱溶融中に隣接するレジストパターンとの隙間がなくなって繋がってしまうと、更に安定な形状になるまで変形が進み、所定のレ

レンズ形状が得られないという事態が発生することである。第2の問題は、レンズ形状のレジストをマスクにしてドライエッチングする場合、レンズ形状の不均一性、エッチング速度のばらつき等により、均一な形状の層内レンズを得ることが難しく、更にレジストと層内レンズ材料層とのエッチング選択比に制約があるため、材料の選択幅が限られてしまうことである。

【0006】

【課題を解決するための手段】かくして本発明によれば、基板上に配設された透明材料からなるオーバーコート層、該オーバーコート層上に形成された突起、該突起を核として形成された無機材料からなる凸型層内レンズ、該層内レンズ上に形成された上面が平坦な透明膜とを含むことを特徴とする半導体装置が提供される。更に、本発明によれば、基板上に透明材料からなるオーバーコート層を設ける工程と、該オーバーコート層上に突起形成用薄膜を堆積する工程と、該突起形成用薄膜を所定の位置に残すことで柱状の突起を形成する工程と、該突起を含む前記基板の表面に前記突起を核として無機材料を堆積させて凸型層内レンズを形成する工程と、該層内レンズ上に上面が平坦な透明膜を設ける工程とを有する半導体装置の製造方法が提供される。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明で使用する基板としては、通常半導体装置を形成するために使用される基板であれば特に限定されるものではない。例えば、シリコン、ゲルマニウム等の半導体、SiC、SiGe、GaAs、AlGaAs等の化合物半導体等からなる基板を使用することができる。なかでも、シリコン基板が好ましい。この基板には、n型又はp型の不純物がドーピングされていてよい。さらに、n型又はp型のウェルを1以上有していてもよい。

【0008】この基板には、受光部又は発光部が形成されていてよい。受光部又は発光部には、CCD及びCMOSイメージセンサ、CMD、チャージインジェクションデバイス、バイポーライメージセンサ、光導電膜イメージセンサ、積層型CCD、赤外イメージセンサ等のいわゆる固体撮像素子のみならず、半導体集積回路の製造工程において製造される受光素子、発光ダイオード等の発光素子又は液晶パネル等の光透過制御素子等の種々の装置の受光部又は発光部として使用されるものの全てが含まれる。

【0009】受光部又は発光部、特に受光部としては、代表的には、半導体基板表面に形成されるpn接合ダイオードが挙げられる。この場合の半導体基板表面に形成されるp型又はn型の不純物層の大きさ、形状、数、不純物層の不純物濃度等は、得ようとする半導体装置の性能に応じて適宜設定することができる。受光部又は発光部が複数個形成される場合には、隣接する受光部又は発光部との間隔は、例えば、2～10 μ m程度が適当であ

る。

【0010】受光部又は発光部を形成する方法は、公知の方法、例えば、フォトリソグラフィ及びエッチング工程により所望の領域に開口を有するマスクを形成し、このマスクを用いてイオン注入する方法が挙げられる。なお、基板表面には、受光部又は発光部のほかに、CCD転送チャネル、電荷転送領域、分離領域、コンタクト領域、チャネルストップ領域等として、高濃度のn型又はp型の不純物を含有する領域が形成されていてもよい。また、他の半導体装置や回路等が組み合わされているもよい。

【0011】基板上には、種々の機能を有する膜が単層又は積層として形成されていてもよい。具体的には、絶縁膜、転送電極、層間絶縁膜、遮光膜等が挙げられる。絶縁膜としては、膜厚10～1000nm程度のCVD法によるシリコン酸化膜、CVD法によるプラズマTEOS (Tetra-Ethoxy Silane) 膜、LTO (Low Temperature Oxide) 膜、HTO (High Temperature Oxide) 膜、NSG (None-Doped Silicate Glass) 膜又はスピンコート法により塗布形成したSOG (Spin On Glass) 膜、CVD法によるシリコン窒化膜等の単層膜又はこれらの積層膜等が挙げられる。転送電極としては、多結晶シリコンやタングステンシリサイド等が挙げられる。遮光膜としては、タングステンシリサイドやTiW等が挙げられる。

【0012】上記各部材が任意に形成された基板には、透明材料からなるオーバーコート層が形成される。オーバーコート層は、基板の表面を平坦化する役割をも有している。従って、その役割を果たすことができ、透明でありさえすれば、厚さ及び材質は特に限定されない。例えば、リフローにより形成した膜（例えばBPSG膜）、プラズマCVD法によって形成した膜等が使用できる。オーバーコート層の上には、突起が形成されている。本発明を構成する層内レンズは、オーバーコート層上の所定の位置に、突起を形成した後、層内レンズとなる材料を堆積するが、この際に、突起を核としてその周囲に層内レンズを形成する材料がほぼ半球形状に堆積することで層内レンズが形成される。層内レンズの寸法は、突起の形状、層内レンズを形成する材料の堆積厚さとその堆積条件によって制御できる。ここで、堆積条件を最適に選んで、どの方位の面に対しても堆積速さを同じにした場合、堆積によって隣接層内レンズ間の隙間がなくなって接合し、更に堆積を続けても、各層内レンズはレンズ形状を維持できる。従って、本発明では層内レンズ間の隙間を確保する必要がないため、容易に半導体装置を微細化することが可能となる。

【0013】突起は、受光部又は発光部のほぼ中央部分に形成されていることが好ましい。この突起のサイズ、

高さ、形状、材質は特に限定されるものではなく、半導体装置の画素数等に応じて設定することができる。例えば、幅 $0.1 \sim 1 \times 0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度（又は $0.01 \sim 1 \mu\text{m}^2$ 程度）のサイズ、 $0.4 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度の高さ、円柱状、角柱状、円錐の頂点を欠く円錐台形状、角錐の頂点を欠く角錐台形状、半球、半卵型等の種々の形状が挙げられる。材質としては、特に限定されるものではなく、通常、半導体装置の製造において形成される膜であればどのようなものでもよい。例えば、通常半導体装置の電極として用いることができる導電材料（多結晶シリコン、単結晶シリコン、アモルファスシリコン等のシリコン又はその他の半導体；ITO、ZnO、SnO₂等の透明導電膜；アルミニウム、銅、白金、銀、亜鉛、Al-Si、Al-Cu等の金属又は合金；タングステン、タンタル、チタン、モリブデン、TiW等の高融点金属又は合金；これら金属のシリサイド；ポリサイド等）、上記したような絶縁膜等が挙げられる。また、突起の材質が、例えばITO膜のように透光性であれば、突起が入射光又は出射光を遮らないので、受光又は発光損失はほとんど無視できるため好ましい。これらの突起用の膜は、単層で形成してもよいし、積層層で形成してもよい。

【0014】本発明では、上記突起を核として形成された無機材料からなる凸型層内レンズを備えている。層内レンズは、可視光線及び／又は近赤外線に対して透光性のある無機材料からなることが適当である。ここで透光性があるとは、可視光線又は近赤外線の透過率が50%程度以上である性質を有することを意味する。このような材料としては、その膜厚等にもよるが、例えば、シリコン酸化物、シリコン窒化物、シリコン酸化窒化物又はそれらの積層層が挙げられる。これらの材料を用いる場合の膜厚としては、突起のサイズや高さに応じて適宜調整することができるが、例えば、 $0.4 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度が挙げられる。

【0015】層内レンズは、好ましくは受光部又は発光部のほぼ中央に形成された突起に対応した凸型を有している。ここで突起に対応した凸型とは、突起を含む半導体基板上全面に層内レンズを形成する材料膜を形成した場合に、突起の存在により、その部分の層内レンズ材料膜が凸形状に盛り上がることとなるため、その形状を意味する。なお、層内レンズの形状は、突起に起因する凸型が確保されている限り、突起間の間隔、層内レンズ材料膜の膜厚等によって、隣接する層内レンズと連続してもよい。

【0016】突起の形成方法としては、まず、基板上全面に突起形成用薄膜を形成する。突起形成用薄膜は、上述の材料を適宜選択することができる。このような膜は、基板上全面に形成することが好ましい。成膜方法としては、スパッタ法、減圧CVD法、常圧CVD法、プラズマCVD法等の種々のCVD法、スピンコート法、

真空蒸着法、EB法等、当該分野で公知の方法を適宜選択することができる。次いで、所定の領域にのみ突起形成用薄膜を残存させて突起を形成する。この場合の突起の形成は、公知の方法、例えば、フォトリソグラフィ及びエッチング工程により、所望の形状に加工形成することができる。続いて、突起上の基板上全面に層内レンズ形成材料膜を積層する。層内レンズ形成材料膜は上述したものを使用することができる。このような膜は、スパッタ法、CVD法等公知の方法により形成することができる。これにより、突起に対応した凸型層内レンズを形成することができる。

【0017】層内レンズ上には、上面が平坦な透明膜が積層されている。透明膜としては、層内レンズを機械的な破損から守ることができ、可視光線及び又は近赤外線に対して透光性のある材料であればよい。特に、透明膜が、層内レンズよりも小さい屈折率を有することが好ましい。ここで、小さい屈折率とは、層内レンズよりも約5%以上屈折率が小さいことを意味する。このような透明膜としては、例えば、フッ素含有樹脂膜、パーフルオロカーボン膜等が挙げられる。更に、透明膜上にはマイクロレンズが形成されていてもよい。これにより入射又は出射する光をより集光することができる。マイクロレンズを構成する材料としては、特に限定されず、公知の材料をいずれも使用することができる。例えば、ポリスチレンやノボラック樹脂等の透明樹脂が挙げられる。このマイクロレンズは、基板に対して垂直な方向の中心線が、その下部の凸型層内レンズの中心線と同一線上にあることが好ましい。

【0018】透明膜とマイクロレンズの間の所定の位置にカラーフィルタ層が配設されていてもよい。カラーフィルタ層を設けることで、フルカラー化に対応した半導体装置を提供することができる。カラーフィルタ層は、例えば、透明膜上に所定の色の色素（顔料、染料）を含むフォトレジストを塗布した後、露光及び現像することによって形成することができる。なお、カラーフィルタ層上には保護膜を形成しておいてもよい。以下に、本発明の実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下の説明はCCD固体撮像素子の製造工程を例にして行う。また、以下の説明中で用いる材料や装置名等は、通常の半導体素子の製造工程で用いられている材料や装置とほとんど同じであり、特段の場合を除いて、その詳細な説明を省略する。以下、製造工程を順を追って説明する。

【0019】まず、図3(a)に示すように、半導体基板31内に所要の不純物のイオン注入等を行って、受光部32、読み出しゲート部33、CCD転送チャネル（転送部）34、チャネルストップ部35をそれぞれ形成する。この後、表面に絶縁膜36を介して所定のパターンに転送電極37を形成し、層間絶縁膜38を介してこの転送電極37を覆う遮光膜39を形成する。この遮

光膜39が受光部32上に開口を有するようにパターンニングする。

【0020】次に、図3(b)に示すように、遮光膜39上にリフローにより形成した膜、例えばBPSG膜やプラズマCVD法によって形成した膜によりオーバーコート層40を形成する。続いて、例えば固体撮像素子の周辺部に形成される配線用のA1等の金属薄膜41をスパッタリング法により0.4 μ m堆積させた後、基板の表面全面にフォトレジスト42を塗布する。次に、フォトリソグラフ技術を用いて、金属薄膜上に塗布されたフォトレジスト42を、所定の位置に所定の大きさに残し、他のフォトレジストを除去して、金属薄膜41を加工する際のマスク43を形成する。エッチングのマスクとして形成されるフォトレジストを残す所定の位置は、配線が形成される領域と、図3(c)に示すように受光部の上方とであり、両者は同時にパターンニングされる。

【0021】次に、フォトレジストで形成したマスク43を利用して、公知のエッチング技術により金属薄膜をエッチングし、マスク43の下方にある金属薄膜を残し、他の領域の金属薄膜を除去する。続いて公知の技術により、マスクとして用いたフォトレジストを除去する。これにより図には示さないが、半導体基板の表面に、金属配線が形成される。また、受光部の上方には、図3(d)に示すように、所定の大きさの突起44が形成される。ここでは、直径が0.1 μ m、間隔が3.0 μ mの円柱状の突起を形成した。

【0022】次に、基板表面全体に、例えばプラズマCVD法により原料ガスとしてモノシラン(SiH_4)、アンモニア(NH_3)及び窒素(N_2)の混合ガスを用い、ガス圧力を600Paに維持した容器の中で、基板を400℃に加熱し、シリコン窒化膜を0.6 μ mの厚さに堆積させる。これにより、金属配線の表面にはオーバーコート層が形成されるのと同時に、突起44を核として、受光部の上方には、図3(e)に示すように層内レンズ45が形成される。上記オーバーコート層は、固体撮像素子を機械的な破損から守り、可視光線及び又は近赤外線に対して透光性のある材料であればよい。本実施の形態では、層内レンズは半径が約1.2 μ mの半球状となった。

【0023】その後は、図3(f)に示すように、層内レンズ45を覆って該層内レンズより屈折率の低い透明膜46(例えば、フッ素系樹脂)を1.0 μ m形成して表面を平坦化した後、グリーン、レッド、ブルーそれぞれの顔料を分散したネガ型レジストを塗布、フォトリソ、現像という通常半導体プロセスで使用するフォトリソ技術により所望のパターンに加工し、カラーフィルタ47を形成する。その上に、熱硬化性アクリル樹脂(例えば、JSR製オプトマーSS-1151)を0.6 μ m塗布して保護膜48を形成し、引き続いてマイクロレンズ49を公知の技術(例えば、前掲の特開平4-12568

号公報)を用いて形成して、図4に示したCCD固体撮像素子を得る。この場合、受光部上の突起によって遮られる入射光量は、全入射光量の約1.5%であった。

【0024】図4は、マイクロレンズ形成が完了した状態のCCD固体撮像素子の一例を示すものであり、図中の45は層内レンズ、44は突起である。なお、本発明に直接関係ない部分は省略し、表示していない。また、図中の50はCCD固体撮像素子に入射する入射光線を示したものであり、層内レンズ45の集光効果により感度で約15%の向上を確認できた。

【0025】図5(a)及び(b)はプラズマCVD法によるシリコン窒化膜の堆積過程を示した模式図である。図中、51はオーバーコート層、52は突起、53は層内レンズ形成材料膜、54は層内レンズを示している。また層内レンズ形成材料膜53の堆積途中を線で示している。図5(a)は層内レンズを上から見た図であり、図5(b)は図5(a)のA-A'断面である。層内レンズ形成におけるプラズマCVD法は、条件を最適に選べばガス分子が化学反応により固体表面に固体化して堆積するので、隣接層内レンズ間の隙間がなくなって接合し、更に堆積を続けても、各層内レンズはレンズ形状を維持することができる。従って、隣接層内レンズ間の隙間を確保する必要がない。

【0026】なお、上述の実施の形態においては、CCD固体撮像素子に適用して説明したが、本発明の層内レンズ及びその製造方法は、MOS型固体撮像素子等の他の固体撮像素子や、液晶表示素子等についても適用することができ、上述の実施の形態と同様に、突起の形状、層内レンズを形成する材料の堆積厚さとその堆積条件を規定して、所望の形状の層内レンズを得ることができ、従って、上述のそれぞれの素子において本発明を適用することにより、層内レンズの形状や焦点距離を調節して素子の特性の最適化を図ることができる。本発明の層内レンズ及びその製造方法は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲でその他さまざまな構成が取り得る。

【0027】

【発明の効果】以上より明らかなように、本発明の層内レンズは、突起を核として形成されるので、微細化しても層内レンズ間の隙間を確保することによる受光損失が増大しないため、微細化に対して優れている。また、金属配線と突起を同時に形成することができ、更にCVD法を用いて金属配線上のオーバーコート層と層内レンズを同時に形成できるので、特別な設備を必要とせず、工程も簡略化される。更に、本発明によれば、層内レンズの厚さを突起の形状、層内レンズを形成する材料の堆積厚さとその堆積条件を規定することによって、入射光の焦点距離の範囲を広げることができる。すなわち、層内レンズの焦点距離を所望の距離に広範囲で調節することを可能にする。従って、多様な寸法のユニットセルサイ

ズを有する固体撮像素子に対して、感度向上を図ることができる。また、液晶表示素子等においては、層内レンズの形状や焦点距離を広範囲に調節して特性の最適化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の層内レンズ付き固体撮像素子の一面素に対応する概略断面図である。

【図2】従来の層内レンズ付き固体撮像素子の製造工程図である。

【図3】本発明の層内レンズ付き固体撮像素子の製造工程図である。

【図4】本発明の層内レンズ付き固体撮像素子の一面素に対応する概略断面図である。

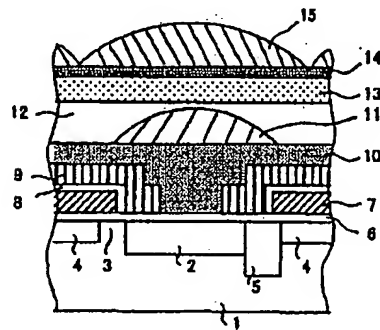
【図5】本発明のプラズマCVD法による層内レンズ形成過程を示した模式図である。

【符号の説明】

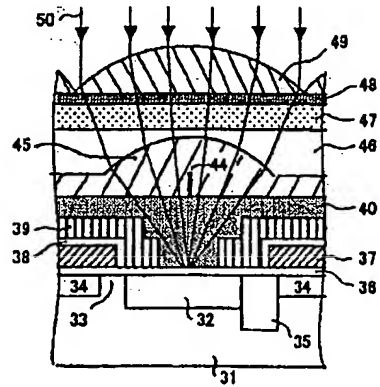
- 1, 31 : 半導体基板
2, 32 : 受光部
3, 33 : 読み出しゲート部
4, 34 : CCD転送チャネル

- 5, 35 : チャネルストッパ部
6, 36 : 絶縁膜
7, 37 : 転送電極
8, 38 : 層間絶縁膜
9, 39 : 遮光膜
10 : 第1平坦化膜
11, 45, 54 : 層内レンズ
12 : 第2平坦化膜
13, 47 : カラーフィルタ
14, 48 : 保護膜
15, 49 : マイクロレンズ
16 : レンズ材料層
17, 42 : フォトリソ
40, 51 : オーバーコート層
41 : 金属薄膜
43 : マスク
44, 52 : 突起
46 : 透明膜
50 : 入射光線
53 : 層内レンズ形成材料膜

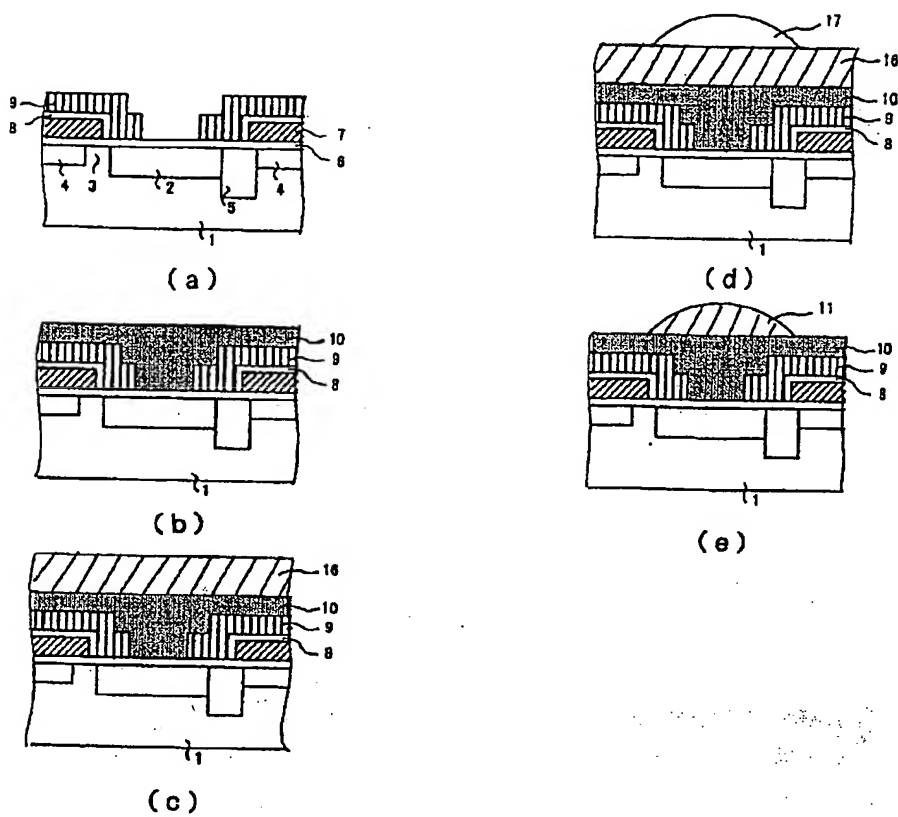
【図1】



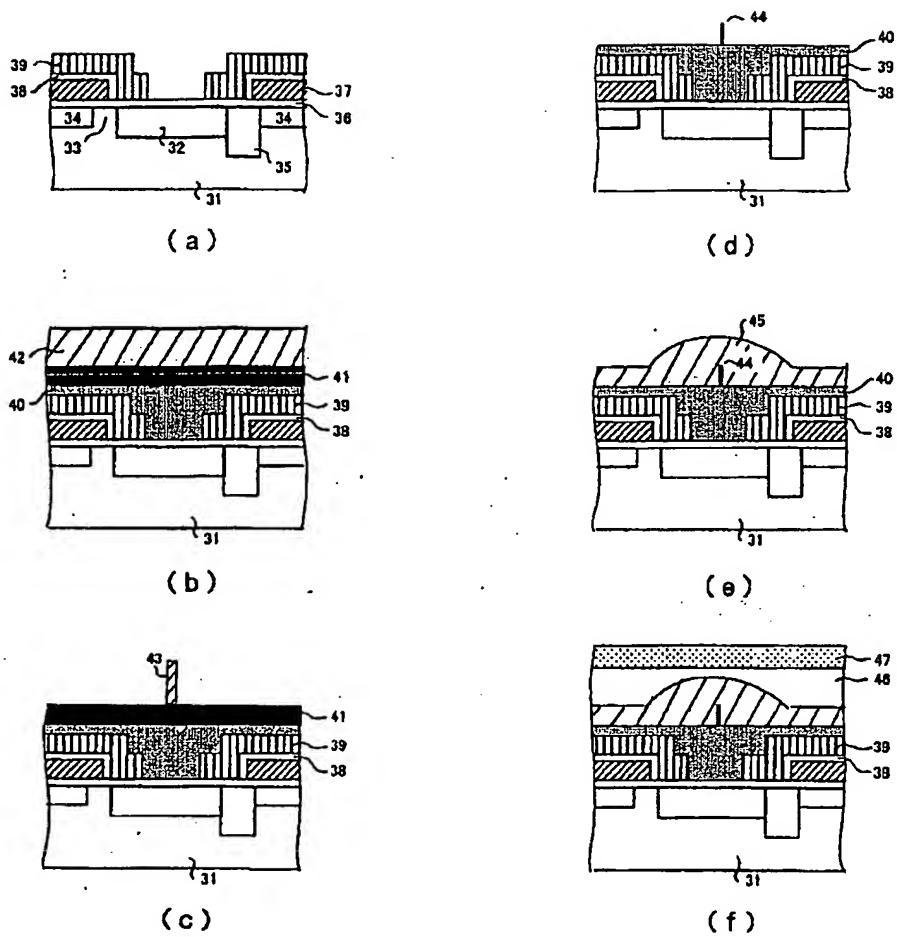
【図4】



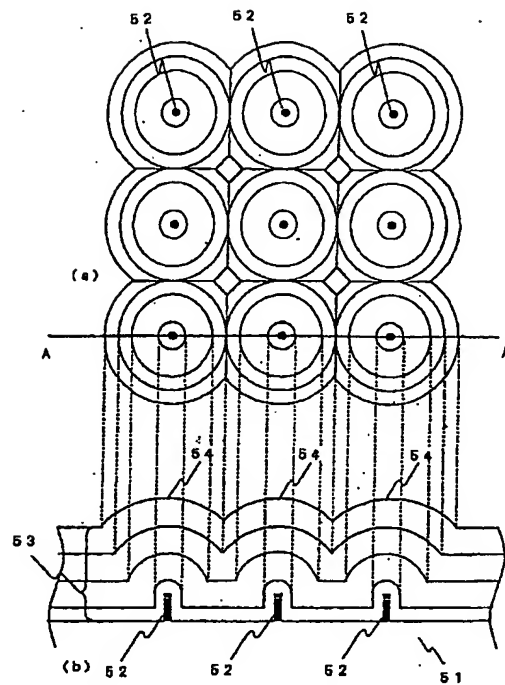
【図2】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M118 AA10 AB01 BA06 BA08 BA10
 BA14 CA03 CA09 EA01 GA10
 GC08 GD04 GD07
 5C024 CX41 CY47 EX43 EX52 GY01
 5F041 AA06 CA64 CA74 CB14
 5F049 NA04 NB05 PA03 PA07 PA14
 RA02 SZ20